

①⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND

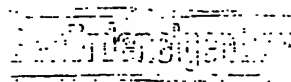


DEUTSCHES
PATENTAMT

①⑫ **Offenlegungsschrift**
①⑪ **DE 3621030 A1**

⑤① Int. Cl. 4:
B29C 65/16
B 23 K 26/00

②① Aktenzeichen: P 36 21 030.7
②② Anmeldetag: 24. 6. 86
②③ Offenlegungstag: 7. 1. 88



DE 3621030 A1

⑦① Anmelder:
Alkor GmbH Kunststoffe, 8000 München, DE

⑦② Erfinder:
Fink, Roland, Dipl.-Ing., 8130 Starnberg, DE

⑤④ Verfahren und Vorrichtung zum Verschweißen und/oder Trennschweißen mittels Laserstrahlen

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum berührungslosen Verschweißen und/oder Trennschweißen von Kunststoffolien oder Kunststoffolienbahnen mittels eines Laserstrahles mit einer Wellenlänge im Durchlässigkeitsbereich des Kunststoffes von größer als 50%, vorzugsweise 400-2000 nm. Der Abstand der zu verschweißenden aufeinanderliegenden Kunststoffolien oder Kunststoffolienbahnen vor dem Laserstrahler ist größer als der Abstand des Laserstrahlers vom Punkt der maximalen Intensität des fokussierten Laserstrahles, so daß der fokussierte Laserstrahl durch die Kunststoffolien oder Kunststoffolienbahnen außerhalb oder unterhalb dieses Punktes hindurchtritt und die Kunststoffolien oder Kunststoffolienbahnen im Durchtrittspunkt oder -bereich verschweißt und/oder trennschweißt. Die zu verschweißenden Kunststoffolien oder Kunststoffolienbahnen werden vor dem Verschweißen oder Trennschweißen jeweils getrennt elektrostatisch aufgeladen und danach plan aufeinandergelegt oder mittels linienförmiger Gasstrahlen aneinandergedrückt. Der innerhalb der Vorrichtung verwendete Laserstrahler ist ein Feststoffstrahler.

DE 3621030 A1

Patentansprüche

1. Verfahren zum Verschweißen und/oder Trennschweißen von planen Kunststoffkörpern, vorzugsweise Kunststofffolien oder Kunststofffolienbahnen, mittels Laserstrahlen, dadurch gekennzeichnet, daß die Verschweißung und/oder Trennschweißung berührungslos mittels eines Laserstrahles mit einer Wellenlänge im Durchlässigkeitsbereich des Kunststoffes von größer als 50 %, vorzugsweise 400–2000 nm, erfolgt, der Abstand der zu verschweißenden aufeinanderliegenden Kunststofffolien oder Kunststofffolienbahnen von dem Laserstrahler größer ist als der Abstand des Laserstrahlers vom Punkt der maximalen Intensität des fokussierten Laserstrahles, so daß der fokussierte Laserstrahl durch die Kunststofffolien oder Kunststofffolienbahnen außerhalb oder unterhalb dieses Punktes hindurchtritt und die Kunststofffolien oder Kunststofffolienbahnen im Durchtrittspunkt oder -bereich verschweißt und/oder trennverschweißt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die zu verschweißenden Kunststofffolien oder Kunststofffolienbahnen vor dem Verschweißen oder Trennschweißen jeweils getrennt elektrostatisch aufgeladen und danach plan aufeinandergelegt werden.
3. Verfahren nach Ansprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die örtlich unterschiedlich erforderliche Energie zum Schweißen bzw. Trennschweißen durch eine Veränderung der Fokussierung so erfolgt, daß der Abstand der zu verschweißenden Kunststofffolien oder Kunststofffolienbahnen außerhalb des Punktes der maximalen Intensität des fokussierten Laserstrahles verbleibt, so daß der Abstand des Laserstrahlers von den Kunststofffolien oder Kunststofffolienbahnen größer ist als der Abstand des Laserstrahlers vom Punkt der maximalen Intensität des fokussierten Laserstrahles.
4. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Kunststofffolien oder Kunststofffolienbahnen über die ganze Folienbreite oder Folienbahnbreite durch einen oder mehrere linienförmige(n) oder überwiegend linienförmige(n) Gasstrahl(en) vor dem Verschweißen oder Trennschweißen gegeneinander gedrückt werden.
5. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß unterhalb der Kunststofffolien oder Kunststofffolienbahnen eine metallische Unterlage angeordnet ist.
6. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß unterbrochene Schweißnähte oder, unterbrochene Trennschweißnähte mit gepulsten Laserstrahlen mit einer Wellenlänge von 400 bis 2000 nm hergestellt werden.
7. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Laserstrahl mit einer ellipsoiden Intensitätsverteilung auf die Kunststofffolien oder Kunststofffolienbahnen auftrifft.
8. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Kunststofffolien oder Kunststofffolienbahnen mittels Transportvorrichtungen in der Schweißebene kontinuierlich oder diskontinuierlich vorwärtsbewegt werden, vorzugsweise über Walzen geführt

werden.

9. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Wegsteuerung des Laserstrahles durch ein Spiegelsystem erfolgt.
10. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Laserstrahl oder der Laserstrahler von oder um einen Punkt bewegt, oder das Laserstrahlgerät selbst und/oder ein Spiegelsystem für die Wegsteuerung des Laserstrahls bewegt werden, wobei die Bewegung mechanisch oder elektronisch gesteuert sowie gegebenenfalls zur Korrektur gegensteuert wird.
11. Vorrichtung zum Verschweißen und/oder Trennschweißen von planen Kunststoffkörpern, vorzugsweise Kunststofffolien oder Kunststofffolienbahnen mittels Laserstrahlen, bestehend aus einem Laserstrahler und einer Transport- und/oder Stützvorrichtung für die Kunststofffolien oder Kunststofffolienbahnen, die die zu verschweißenden Kunststofffolien oder Kunststofffolienbahnen zu und/oder durch die Schweißstelle führen, wobei die Stützvorrichtung und/oder Transportvorrichtung im Bereich der Schweißstelle unterbrochen oder ununterbrochen ist, dadurch gekennzeichnet, daß der Laserstrahler Laserstrahlen in einem Wellenlängenbereich von 400–2000 nm abgibt und der Abstand der Transport- und/oder Stützvorrichtung an der Schweißstelle von dem Laserstrahler größer ist als der Abstand des Laserstrahlers vom Punkt der maximalen Intensität des fokussierten Laserstrahles.
12. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Laserstrahler ein Feststoffstrahler, vorzugsweise ein Feststoffstrahler mit Gütesteuerung ist.

Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Verschweißen und/oder Trennschweißen von planen Kunststoffkörpern, vorzugsweise Kunststofffolien oder Kunststofffolienbahnen, mittels Laserstrahlen, wobei die Verschweißung und/oder Trennschweißung berührungslos nur mittels eines Laserstrahles mit einer Wellenlänge im Durchlässigkeitsbereich des Kunststoffes von größer als 50 %, in einem bestimmten einzuhaltenden Abstand der zu verschweißenden aufeinanderliegenden Kunststofffolien oder Kunststofffolienbahnen von dem Laserstrahler erfolgt.

Es ist bereits bekannt, Kunststofffolien durch scharf gebündelte Laserstrahlen zu trennen. Weiterhin ist es bekannt, Kunststofffolien mittels solchen Laserstrahlen durch Strahlenabsorption, vorzugsweise im Absorptionsmaximum, miteinander zu verschweißen.

Ferner ist ein Verfahren zum Trennschweißen von Kunststofffolien mit Laserstrahlen in der DE-PS 28 41 062 beschrieben. Hierbei wird lediglich zum Schneiden oder Trennen ein scharf gebündelter, also punktförmig fokussierter Laserstrahl und zum Verschweißen bzw. Verschmelzen der dabei entstandenen Schnittländer ein zweiter Laserstrahl mit größerem Durchmesser verwendet. Hierzu sind mindestens zwei verschiedene Laserstrahlen oder eine Aufteilung des Laserstrahles sowie eine komplizierte Optik und eine Justierung erforderlich.

Darüber hinaus ist die Herstellung einer Schweißnaht

als Verbindungsstelle von zwei Folien nach diesem Verfahren nicht möglich.

Ziel und Aufgabe der vorliegenden Erfindung war es daher, die vorgenannten Nachteile zu vermeiden und plane Kunststoffkörper aus mindestens zwei Folien oder Folienbahnen durch Verschweißung und/oder Trennschweißung mit nur einem Laserstrahl ohne aufwendige optische Maßnahmen und ohne Aufteilung des Laserstrahles herzustellen.

Ziel und Aufgabe ist es weiterhin, verweilungsfreie Schweißnähte und/oder Trennschweißungen von plan aufeinanderliegenden Kunststoffolien oder Kunststoffolienbahnen zu erzielen.

Erfindungsgemäß wurde festgestellt, daß diesen Zielen und Aufgaben ein Verfahren zum Verschweißen und/oder Trennschweißen von planen Kunststoffkörpern, vorzugsweise Kunststoffolien oder Kunststoffolienbahnen, mittels Laserstrahlen gerecht wird, wobei die Verschweißung und/oder Trennschweißung berührungslos mittels eines Laserstrahles mit einer Wellenlänge im Durchlässigkeitsbereich des Kunststoffes von größer als 50%, vorzugsweise 400–2000 nm, erfolgt; der Abstand der zu verschweißenden aufeinanderliegenden Kunststoffolien oder Kunststoffolienbahnen von dem Laserstrahler größer ist als der Abstand des Laserstrahlers vom Punkt der maximalen Intensität des fokussierten Laserstrahles, so daß der fokussierte Laserstrahl durch die Kunststoffolien oder Kunststoffolienbahnen außerhalb oder unterhalb dieses Punktes hindurchtritt und die Kunststoffolien oder Kunststoffolienbahnen im Durchtrittspunkt oder -bereich verschweißt und/oder trennverschweißt.

Durch die innerhalb des Verfahrens verwendete Wellenlänge in Kombination mit dem während der Ausübung des Verfahrens einzuhaltenden Abstand des Laserstrahlers von den Kunststoffolien oder Kunststoffolienbahnen, der gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren größer sein muß als der Abstand des Laserstrahlers vom Punkt der maximalen Intensität, gelingt es plane Kunststoffkörper, vorzugsweise Kunststoffolien und/oder Kunststoffolienbahnen miteinander verweilungsfrei zu verschweißen und/oder eine Trennschweißung durchzuführen, ohne daß mehrere Laserstrahlen, insbesondere Laserstrahlen unterschiedlicher Wellenlänge und/oder Richtung oder eine Aufteilung des Laserstrahles, z.B. durch Prismen, erforderlich wird.

Nach einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens werden die zu verschweißenden Kunststoffolien oder Kunststoffolienbahnen vor dem Verschweißen oder Trennschweißen jeweils getrennt elektrostatisch aufgeladen und danach plan aufeinandergelegt. Durch die elektrostatische Aufladung haften die planen Kunststoffolien auch während der Verschweißung und/oder der Trennschweißung eng aneinander, so daß Verweilungen, unerwünschte Schweißfehler und dgl. vermieden werden.

Nach einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens erfolgt eine Regelung der örtlich unterschiedlich erforderlichen Energie zum Schweißen bzw. Trennschweißen durch eine Veränderung der Fokussierung bzw. des Abstandes so, daß der Abstand der zu verschweißenden Kunststoffolien oder Kunststoffolienbahnen immer noch außerhalb des Punktes der maximalen Intensität des fokussierten Laserstrahles verbleibt, so daß der Abstand des Laserstrahlers von den Kunststoffolien oder Kunststoffolienbahnen größer ist als der Abstand des Laserstrahlers vom Punkt der maximalen Intensität des fokussierten Laserstrahles.

So wird z.B. im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens bei der Trennschweißung oder bei dem Auftreten von größerer Materialdicke der Abstand des Laserstrahlers von der Kunststoffolie oder Kunststoffolienbahn etwas (meist geringfügig) verringert, unter Einhaltung des vorgenannten Mindestabstandes. Verringert sich beim Verschweißen die miteinander zu verschweißende Foliendicke, so wird der Abstand des Laserstrahlers von der Kunststoffolie oder Kunststoffolienbahn etwas vergrößert. Nach einer bevorzugten Ausführungsform erfolgt die Abstandsmessung optisch durch den sichtbaren Justierstrahl eines Helium-Argon-Lasers mit einer Wellenlänge von 633 nm und/oder die Abstandsregelung optisch, elektronisch und/oder mechanisch, wobei die Abstandsregulierung unmittelbar unter Änderung des Abstandes der maximalen Energie des Laserstrahles und der Kunststoffolie oder Kunststoffolienbahn und/oder mittelbar, z.B. über ein Spiegelsystem und dgl. und/oder mechanisch erfolgt.

Nach einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens werden die Kunststoffolien oder Kunststoffolienbahnen über die ganze Folienbreite oder Folienbahnbreite durch einen oder mehrere linienförmigen Gasstrahl(en) vor dem Verschweißen und/oder Trennschweißen gegeneinander gedrückt. Durch die linienförmige Anordnung der Öffnungen, Mündungen oder Düsen der Gasstrahlen erfolgt ein nahezu linienförmiges Andrücken der Kunststoffolien oder Kunststoffolienbahnen vor dem Verschweißen oder Trennschweißen und ein Verdrängen evtl. eingeschlossener Luft, vorzugsweise um eine genaue und/oder verweilungsfreie Schweiß- und/oder Trennnaht zu erhalten.

Nach einer anderen Ausführungsform des Verfahrens ist unterhalb der zu verschweißenden Kunststoffolien oder Kunststoffolienbahnen eine metallische Unterlage angeordnet. Als metallische Unterlagen können Metallbleche, Aluminiumteile, vorzugsweise mit einer planen Oberflächenform und andere Metalle oder Metallkörper mit einer planen Oberfläche eingesetzt werden.

Für bestimmte Zwecke, z.B. zum "Anheften" mittels Schweißnaht oder zur Herstellung unterbrochener Schweiß- oder Trennschweißnähte werden gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren unterbrochene Schweißnähte oder unterbrochene Trennschweißnähte mit gepulsten Laserstrahlen mit einer Länge von 400 bis 2000 nm hergestellt.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren unter Einhaltung des vorbeschriebenen Abstandes und der vorgenannten Wellenlänge trifft der Laserstrahl mit einer ellipsoiden Intensitätsverteilung auf die Kunststoffolien oder Kunststoffolienbahnen auf. Ist dagegen der Abstand des Laserstrahlers von den Kunststoffolien oder Kunststoffolienbahnen kleiner als der Abstand des Laserstrahlers vom Punkt der maximalen Intensität des fokussierten Laserstrahles, so tritt eine gleichmäßige oder annähernd gleichmäßige Intensitätsverteilung auf und die Wellenlängen der Laserstrahlen müssen in dem Absorptionsmaximum des Kunststoffes gelegt werden, um überhaupt noch eine gewisse Verschweißung erzielen zu können. Dabei trifft der Laserstrahl gemäß des erfindungsgemäßen Verfahrens auf die zu verschweißende Kunststoffoberfläche kreisförmig oder kreisähnlich oder elliptisch auf bzw. eine kreisförmige oder elliptische Fläche einschließend auf, wobei immer der Abstand der zu verschweißenden aufeinanderliegenden planen Kunststoffolien oder Kunststoffolienbahnen von dem Laserstrahler größer ist als der Abstand des Laserstrahlers vom Punkt der maximalen Intensität des fo-

kussierten Laserstrahles ("Brennpunkt").

Nach einer bevorzugten Ausführungsform werden die Kunststoffolien oder Kunststoffolienbahnen mittels einer oder mehrerer Transportvorrichtungen in der Schweißebene kontinuierlich oder diskontinuierlich vorwärtsbewegt, vorzugsweise über Walzen geführt und dann oder gleichzeitig unter Verwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens verschweißt und/oder trennverschweißt.

Die Wegsteuerung des Laserstrahles erfolgt nach einer bevorzugten Ausführungsform durch ein Spiegelsystem, vorzugsweise durch gesteuerte drehbare Spiegel.

Zur Durchführung der Verschweißung und/oder Trennschweißung wird nach einer bevorzugten Ausführungsform der Laserstrahl oder der Laserstrahler von einem Punkt aus oder um einen Punkt bewegt und/oder das Laserstrahlgerät selbst und/oder ein Spiegelsystem für die Wegsteuerung des Laserstrahles bewegt, wobei die Bewegung mechanisch oder elektronisch gesteuert sowie ggf. zur Korrektur gegengesteuert wird. Die Bewegung wird nach einer Ausführungsform zwangsweise gesteuert. Unter Verwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens gelingt es auch, schwer zu verschweißende Kunststoffolien und/oder Kunststoffolien aus unterschiedlichem Kunststoffmaterial miteinander zu verschweißen, so z.B. Polyolefinfolien oder Polyolefinfolien unterschiedlicher Zusammensetzung. Nach einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung werden einerseits opake oder gefärbte Kunststoffolien, Kunststoffolienbahnen oder Kunststoffolienzuschnitte, andererseits transparente Kunststoffolien, -bahnen oder -zuschnitte eingesetzt. Als Folien werden an sich bekannte Kunststoffolien vorzugsweise Polyolefinfolien und/oder polypropylen- und/oder polyethylenhaltige Folien eingesetzt.

Als Materialsponder für Rollenwaren wird nach einer Ausführungsform eine Folienabrollvorrichtung eingesetzt mit der Möglichkeit mehrere, vorzugsweise bis zu 3 Rollen-Bahnen übereinander und/oder mehrere Bahnen nebeneinander zugspannungsfrei an die Hauptmaschine einzugeben, und/oder einen Bogenanleger, der die Aufgabe hat, evtl. z.B. im Sieb- und/oder Offsetdruckverfahren bedruckte Bogenwaren, vorzugsweise Passer, genau in die Maschine einzubringen.

Die Erfindung betrifft weiterhin eine Vorrichtung zum Verschweißen und/oder Trennschweißen von planen Kunststoffkörpern, vorzugsweise Kunststoffolien oder Kunststoffolienbahnen mittels Laserstrahlen, bestehend aus einem Laserstrahler und einer Transport- und/oder Stützvorrichtung für die Kunststoffolien oder Kunststoffolienbahnen, die die zu verschweißenden Kunststoffolien oder Kunststoffolienbahnen zu und/oder durch die Schweißstelle führen, wobei die Stützvorrichtung und/oder Transportvorrichtung im Bereich der Schweißstelle unterbrochen oder ununterbrochen ist, wobei der Laserstrahler Laserstrahlen in einem Wellenlängenbereich von 400 – 2000 nm abgibt und der Abstand der Transport und/oder Stützvorrichtung an der Schweißstelle von dem Laserstrahler größer ist als der Abstand des Laserstrahlers vom Punkt der maximalen Intensität des fokussierten Laserstrahles (größer als die "Brennweite"). Der Laserstrahler wird vorzugsweise dabei von einem Punkt aus oder um einen Punkt bewegt. Nach einer anderen Ausführungsform ist das Laserstrahlgerät selbst und/oder ein Spiegelsystem bewegbar angeordnet, wobei die Bewegung mechanisch oder elektronisch gesteuert wird, sowie ggf. zur Korrektur gegengesteuert werden kann.

Nach einer bevorzugten Ausführungsform der Vorrichtung ist der Laserstrahler ein Feststoffstrahler, vorzugsweise ein Feststoffstrahler mit Gütesteuern.

Gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren wird somit ein Abstand der zu verschweißenden aufeinanderliegenden Kunststoffolien oder Kunststoffolienbahnen von dem Laserstrahler eingehalten, der größer ist als der Abstand des Laserstrahlers von dem Punkt der maximalen Intensität des fokussierten Laserstrahles. Dabei trifft der Laserstrahl auf die zu verschweißende Kunststoffolienoberfläche kreisförmig oder kreisähnlich, vorzugsweise elliptisch auf oder schließt eine kreisförmige oder kreisähnliche Fläche, vorzugsweise eine elliptische Fläche ein.

Der mittlere Durchmesser des Justierstrahles beträgt im Brennpunkt des Hauptstrahles 0,7 – 1,0 mm. Bei größer werdendem Abstand vergrößert sich auch der Durchmesser des Justierstrahles, so daß der erfindungsgemäße Abstand bei einem mittleren Durchmesser des Justierstrahles von 1,2 – 6 mm, vorzugsweise 1,5 – 5 mm, liegt.

Dieser Durchmesser und dieser mittlere Abstand der kreisförmigen oder kreisähnlichen, vorzugsweise elliptischen Auftrittsfläche auf der Kunststoffoberfläche ist unter den angegebenen erfindungsgemäßen Verfahrensbedingungen gleich oder annähernd gleich mit dem verwendeten Laserstrahlauftrittsdurchmesser.

Beispiele:

Beispiel 1

Auf eine ebene Platte werden eine graue Polypropylen-Folie, 0,2 mm dick, und darüber eine transparente Polypropylen-Folie, 0,08 mm dick, gelegt. Zum Verschweißen wird ein kontinuierlicher YAG Laser mit einer Wellenlänge von 1004 nm und einer maximalen Ausgangsleistung von 100 Watt eingesetzt.

Der Laserstrahl wird mit einer spezifischen Leistung (N/V) von 15 W × min/cm "unterhalb" des Punktes max. Energie über die Folien geführt, d.h. der Abstand der zu verschweißenden aufeinanderliegenden Kunststoffolien ist größer als der Abstand des Laserstrahlers vom Punkt der maximalen Intensität des fokussierten Laserstrahles. Dabei entspricht der Punkt max. Energie einem Durchmesser des Justierstrahls von 0,7 mm. Bei gleichbleibender spezifischer Leistung wurden durch Veränderung der Fokussierung folgende Schweißigenschaften erzielt:

Durchmesser Justierstrahl (mm) (elliptische Auftrittsfläche)	Nahtbreite (mm)	Nahtfestigkeit
0,7	0,9	teilweise Durchtrennung
1,5	1,1	hoch (Folienabriß) (festverschweißt)
2,0	1,1	desgl.
3,0	1,4	desgl.
4,0	1,6	desgl.
5,0	1,8	desgl.
6,0	2,0	hoch bis mittel
6,5	2,1	keine

Bei den Versuchen auftretende lokale Unterschiede der Nahtfestigkeit wurden durch mangelhaften Kontakt

der nicht planliegenden Folien an den Schweißstellen verursacht.

Beispiel 2

Um einen engen Kontakt — ohne Luftzwischenräume — beider nicht absolut planliegender Folien zu erreichen, wurden die Folien entsprechend Beispiel 1 unmittelbar vor dem Laserstrahl durch ein bekanntes elektrostatisches Aufladegerät aufgeladen und zusätzlich mit einem Luftrakel — Spalt 1,0 mm, Breite 60 cm, Luftdruck 50 m.bar, Abstand 1,0 cm, Anblaswinkel 60° — aufeinandergedrückt.

Bei einem Justierstrahldurchmesser von 1,5–5 mm entstanden Schweißnähte mit über die ganze Länge gleichmäßiger Festigkeit.

Beispiel 3

Zur Durchführung einer Trennschweißung, d.h. Durchtrennen der Folie bei gleichzeitiger Verschweißung der angrenzenden Bereiche wurden die Folien entsprechend Beispiel 1 mit einer spezifischen Energie von $17 \text{ W} \times \text{min}$ bestrahlt.

Der defokussierte Laserstrahl führte bei einem Durchmesser des Justierstrahles von 1,5–5 mm zu einer gleichzeitigen Durchtrennung und Verschweißung der angrenzenden Bereiche mit hoher Festigkeit (Materialabriß).

Beispiel 4

Zwei transparente Folien aus Polyvinylidenfluorid (PVDF) 20 µm dick wurden auf eine matte Aluminium-Platte gelegt und mit dem Laser nach Beispiel 1 mit einer Leistung von $8 \text{ W} \times \text{min/cm}$ verschweißt. Bei der Trennprüfung rissen die Folien neben der Naht unter Längsdehnung.

- Leerseite -